

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**MODEL FUZZY LINIER REGRESI MENGGUNAKAN
TRIANGULAR FUZZY NUMBER SIMETRIS BERDASARKAN
MEASUREMENT ERRORS DATA**

(Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Matematika

Oleh:

HENGKI IRAWAN PUTRA

11654101239



UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2020**

LEMBAR PERSETUJUAN

**MODEL FUZZY LINIER REGRESI MENGGUNAKAN
TRIANGULAR FUZZY NUMBER SIMETRIS BERDASARKAN
MEASUREMENT ERRORS DATA**
(Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

TUGAS AKHIR

Oleh:

HENGKI IRAWAN PUTRA

11654101239

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 28 Juli 2020

Ketua Program Studi



Ari Pani Desvina, M.Sc.
NIP. 19811225 200604 2 003

Pembimbing



Dr. Riswan Efendi, M.Sc.
NIP. 19781025 200604 1 001

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL FUZZY LINIER REGRESI MENGGUNAKAN TRIANGULAR FUZZY NUMBER SIMETRIS BERDASARKAN MEASUREMENT ERRORS DATA (Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

TUGAS AKHIR

Oleh:

HENGKI IRAWAN PUTRA
11654101239

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 28 Juli 2020

Pekanbaru, 28 Juli 2020
Mengesahkan,

Ketua Program Studi



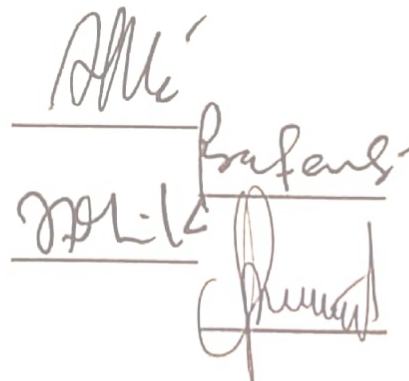
Ari Pani Desvina, M.Sc.
NIP. 19811225 200604 2 003



Dekan
Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.
NIP. 19660604 199203 1 004

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. Yuslenita Muda, M.Sc.
Sekretaris : Dr. Riswan Efendi, M.Sc.
Anggota I : Ari pani Desvina, M.Sc.
Anggota II : Rahmadeni, M.Si.





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan izin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh tugas akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 28 Juli 2020

Yang membuat pernyataan,

HENGKI IRAWAN PUTRA
11654101239

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat”

∞(QS. Al-Mujadalah:11)∞

Alhamdulillahirrabil 'alamin

*Langkah demi langkah telah usai aku lalui. Satu persatu satu cita-citaku telah ku capai.
Namun....*

Itu belum akhir dari perjalanan, melainkan awal dari perjuangan.

Aku merasa cukup bukan karena aku sudah memiliki segalanya, tapi itu karena aku bisa mensyukuri dan menikmati apa yang aku punya.

---Sujud syukurku, kupersembahkan kepada Allah SWT---

*Pemberi maaf yang tak pernah bosan, pemberi limpah kasih sayang yang tak pernah mengeluh.
Terima kasih atas berkah yang telah Engkau berikan kepadaku.*

Sebuah karya kecil ini ku persembahkan untuk

---Ayahanda Supriadi dan Ibundaku Sri Suarni---

Apa yang saya dapatkan hari ini, belum mampu membayar semua kebaikan, keringat, dan juga air mata bagi saya. Terima kasih atas segala dukungan kalian, baik dalam bentuk materi maupun moril.

Karya ini saya persembahkan untuk kalian, sebagai wujud rasa terima kasih atas pengorbanan dan jerih payah kalian sehingga saya dapat menggapai cita-cita.

---Abangku Adi dan Adikku Bagus ---

Tiada waktu yang paling berharga dalam hidup selain menghabiskan waktu dengan kalian.

Terima kasih untuk bantuan dan semangat dari kalian, semoga awal dari kesuksesan saya ini dapat membanggakan kalian.

---Dosen Pembimbingku Bapak Dr. Riswan Efendi, M.Sc dan Dosen-Dosen Program Studi Matematika

Fakultas Sains dan Teknologi---

Terima kasih atas waktu dan tenaga kalian untuk membimbing saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

---Sahabatku Rian, Hanifa, dan BMT ---

Terima kasih untuk sahabat-sahabatku yang telah menemaniku, menasehatiku, dan memberikan pengalaman yang luar biasa selama aku berada di kampus ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

MODEL FUZZY LINIER REGRESI MENGGUNAKAN TRIANGULAR FUZZY NUMBER SIMETRIS BERDASARKAN MEASUREMENT ERRORS DATA

(Studi Kasus: Prediksi Pasokan Energi Primer di Indonesia)

HENGKI IRAWAN PUTRA

11654101239

Tanggal Sidang : 28 Juli 2020

Tanggal Wisuda :

Program Studi Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Salah satu model kausal yang sering digunakan untuk tujuan investigasi faktor dan prediksi data adalah Regresi Linear Berganda (RLB). Namun ada keterbatasan pada model tersebut, yaitu kurang sesuai digunakan untuk prediksi data-data dalam bentuk linguistik. Untuk mengatasinya, para ilmuwan mengembangkan model *Fuzzy Linier Regresi* (FLR) dengan input data *single point*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan input dalam bentuk *single point*, maka pada penelitian ini diimplementasikan *triangular fuzzy number* (TFN) simetris sebagai input data berdasarkan *measurement errors* data. Selanjutnya TFN simetris tersebut digunakan untuk membangun model FLR dan kemudian dibandingkan dengan model RLB konvensional. Dari hasil implementasi diperoleh persamaan model RLB

$$\hat{y}_t = -1.743.147.070 - 17.888x_{1t} + 9.021,755x_{2t}$$

Din
Model FLR TFN simetris

$$\hat{\hat{y}}_t = [-49.243.580; 49.243.580] + 21.882,57x_{1t} + 544,9337x_{2t}$$

Hasil yang diperoleh adalah MAPE total pasokan energi primer model FLR TFN sebesar 19,21%, pada model RLB sebesar 20,72% sedangkan nilai rata-rata *width* model FLR TFN sebesar 9.512.040, pada model RLB sebesar 167.579.688,5. Secara keseluruhan implementasi model FLR lebih baik jika dibandingkan dengan RLB konvensional.

Kata kunci: RLB, *Fuzzy Linier Regresi*, *Measurement Errors Data*, *Triangular Fuzzy Number* Simetris..

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

FUZZY LINEAR REGRESSION MODEL USING SYMMETRICAL TRIANGULAR FUZZY NUMBER BASED ON MEASUREMENT ERRORS DATA

HENGKI IRAWAN PUTRA
11654101239

Date of Final Exam : 28th July 2020
Date of Graduation :

*Mathematics Department
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
HR. Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Linear multiple regression is one of causal models that frequently used to investigation of factors and prediction data. However, there are some limitations from this model, such as, not appropriate to be applied for forecasting of linguistic time series data type. To solve this problem, the researchers developed Fuzzy Linear Regression (FLR) by using data input in the form of single point. It is different from the previous research which just used data input in the form of single point, in the research, symmetrical triangular fuzzy number (TFN) was implemented as data input based on measurement errors data. Then the symmetrical TFN procedure is used to build FLR model and then compare it with conventional linear multiple regression model. From the implementation results obtained the RLB model equation

$$\hat{y}_t = -1.743.147.070 - 17.888x_{1t} + 9.021,755x_{2t}$$

And

The FLR TFN is symmetrical

$$\hat{y}_t = [-49.243.580; 49.243.580] + 21.882,57x_{1t} + 544,9337x_{2t}$$

The result is MAPE of primary energy supply in the TFN FLR model is 19,21%, the RLB model is 20,72%, while the average width value of the FLR TFN model is 97.512.040, in the RLB model is 167.579.688,5. Overall the implementation of the FLR model is better when compared to conventional linear multiple regression.

Keywords: *Linear Multiple Regression, FLR, Measurement Errors Data, Symmetrical Triangular Fuzzy Number.*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamiin. Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat, nikmat, kesempatan kesehatan serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat beserta salam juga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua mendapat syafaat-nya. Penulisan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana sains pada program studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini penulis banyak sekali mendapatkan bimbingan, bantuan, arahan, dan masukan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda Major Supriadi dan Ibunda Sri Suarni yang selalu mendo'akan dan melimpahkan kasih sayang, pengertian, pelajaran hidup, juga materi yang mungkin tak bisa terbalaskan kepada penulis. Selain itu, dengan kerendahan hati, penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. K.H. Akhmad Mujahidin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
Bapak Dr. Drs. H. Mas'ud Zein, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
Ibu Ari Pani Desvina, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Matematika.
Ibu Fitri Aryani, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Matematika.
Ibu Corry Corazon Marzuki, M.Si., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberi arahan serta nasehat kepada penulis dari awal perkuliahan.
Bapak Dr. Riswan Efendi, M.Sc., selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
Ibu Ari Pani Desvina, M.Sc., dan Ibu Rahmadeni, M.Si., selaku Penguji yang telah sudi kiranya memberikan kritikan serta saran sehingga penulisan Tugas akhir ini dapat diselesaikan oleh penulis.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bapak dan Ibu dosen di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi khususnya di Program Studi Matematika.

Seluruh keluarga besar tercinta, yang telah memberikan motivasi, dukungan, do'a dan materi yang tak henti-hentinya serta kasih sayang yang tulus kepada penulis.

Teman-teman penulis WacanaTour (Aji Sasono, Joko Sumarta, dan Ozi Oktaviano) yang telah berjuang bersama dalam proses mewujudkan mimpi dan memberi semangat kepada penulis.

Teman-teman dan sahabat penulis (BMT'16, Hanifa Ikhtisa, Rian Ari Kurniawan, Irma Fetria) yang telah memberi masukan, dukungan, serta semangat kepada penulis hingga saat ini.

12. Rekan TA (Almun, Fajri, Rian) yang telah berjuang bersama dari awal penulisan Tugas Akhir ini hingga selesai.

13. Teman-teman seperjuangan khususnya angkatan 2016 serta kakak-kakak dan adik-adik di Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah banyak memberikan masukan serta dukungan kepada penulis.

14. Semua pihak yang telah memberi bantuan, dukungan, motivasi, dan pelajaran hidup dari awal penyusunan tugas akhir hingga selesai, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini belum sempurna, dan masih terdapat kesalahan dan kekurangan. Namun, penulis sudah berusaha untuk mencapai hasil yang maksimal. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. *Aamiin ya Rabbal'alamiin.*

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Pekanbaru, 28 Juli 2020

Hengki Irawan Putra

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PENYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Batasan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-4
1.6 Sistematika Penulisan	I-4
 BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	II-1
2.2 Model Kausal (<i>Causal Model</i>).....	II-1
2.3 Model Regresi Linier	II-2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.4 Defenisi <i>Triangular Fuzzy Number</i> (TFN) simetris	II-4
2.5 Model Fuzzy Linier Regresi	II-5
2.6 Pentingnya Peramalan Pasokan Energi Primer (PEP)	II-7
2.7 Penelitian-Penelitian Terkait.....	II-8

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahap Persiapan Data	III-1
3.2 Tahap Pemodelan PEP Menggunakan RLB	III-1
3.3 Tahap Pemodelan PEP Menggunakan FLR.....	III-3

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskriptif PE.....	IV-1
4.2 Pembentukan Model FLR Menggunakan TFN Simetris	IV-3
4.3 Implementasi Model FLR TFN Simetris Untuk Prediksi PEP .	IV-6
4.4 Perbandingan Model RLB dengan Model FLR.....	IV-26

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
Gambar 2.1	Bentuk <i>Triangular Fuzzy Number</i> Simetris	II-5
Gambar 3.1	Persiapan TFN Simetris untuk Pemodelan FLR	III-1
Gambar 3.2	<i>Flowchart</i> Pemodelan RLB dan FLR.....	III-4
Gambar 4.1	Plot Data PDB Tahunan	IV-2
Gambar 4.2	Plot Data PP Tahunan.....	IV-2
Gambar 4.3	Plot Data PEP Tahunan	IV-2
Gambar 4.4	Plot Data <i>Training</i> RLB	IV-4
Gambar 4.5	Plot Data <i>Testing</i> RLB.....	IV-5
Gambar 4.6	Plot Interval RLB Terhadap Data Aktual.....	IV-6
Gambar 4.7	<i>Scatter Plot</i> Linieritas	IV-7
Gambar 4.8	Plot TFN Simetris dengan <i>Measurement Errors</i> 1%	IV-14
Gambar 4.9	Plot Batas Atas dan Bawah FLR <i>Left</i>	IV-23
Gambar 4.10	Plot Batas Atas dan Bawah FLR <i>Right</i>	IV-24
Gambar 4.11	Plot Hasil Peramalan Menggunakan RLB dan FLR.....	IV-27

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian-Penelitian Terkait.....	II-8
Tabel 4.1 Deskriptif Pasokan Energi Primer.....	IV-1
Tabel 4.2 Hasil Peramalan Data <i>Training</i> RLB	IV-4
Tabel 4.3 Hasil Peramalan Data <i>Testing</i> RLB	IV-4
Tabel 4.4 Hasil Peramalan Interval RLB 95%.....	IV-5
Tabel 4.5 Uji Normalitas Pasokan Energi Primer	IV-6
Tabel 4.6 Uji Autokorelasi Pasokan Energi Primer	IV-8
Tabel 4.7 Uji Heterokedastisitas Pasokan Energi Primer.....	IV-8
Tabel 4.8 Uji Multikolinieritas Pasokan Energi Primer	IV-9
Tabel 4.9 Uji F Pasokan Energi Primer	IV-9
Tabel 4.10 Uji <i>t</i> Pasokan Energi Primer.....	IV-10
Tabel 4.11 Prosedur TFN Simetris berdasarkan ME	IV-11
Tabel 4.12 Data Aktual dan TFN Simetris dengan ME 1%.....	IV-14
Tabel 4.13 Estimasi Parameter Masing-masing <i>h</i> TFN ME 1%	IV-17
Tabel 4.14 Model FLR Sebelah Kiri (<i>Left</i>) dengan ME 1%	IV-19
Tabel 4.15 Model FLR Sebelah Kanan (<i>Right</i>) dengan ME 1%.....	IV-19
Tabel 4.16 Model Batas Atas dan Bawah FLR <i>Left</i> dengan ME 1%.....	IV-20
Tabel 4.17 Model Batas Atas dan Bawah FLR <i>Right</i> dengan ME 1%	IV-20
Tabel 4.18 MAPE <i>Training</i> Batas Atas dan Bawah berdasarkan ME	IV-25
Tabel 4.19 Model FLR Terbaik Berdasarkan ME 1%	IV-26
Tabel 4.20 Pemodelan PEP Menggunakan RLB dan FLR	IV-26
Tabel 4.21 Hasil Data <i>Testing</i> RLB dan FLR	IV-27
Tabel 4.22 Perbandingan Rata-rata <i>Width</i> RLB dan FLR.....	IV-27
Tabel 4.23 Perbedaan Model RLB dan FLR.....	IV-28

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Pasokan Energi Primer di Indonesia	A-1
Data Aktual dan TFN Simetris dengan <i>Measurement Errors</i> 1%	B-1
Data Aktual dan TFN Simetris dengan <i>Measurement Errors</i> 2%	C-1
Data Aktual dan TFN Simetris dengan <i>Measurement Errors</i> 3%	D-1
Data Aktual dan TFN Simetris dengan <i>Measurement Errors</i> 4%	E-1
Data Aktual dan TFN Simetris dengan <i>Measurement Errors</i> 5%	F-1
<i>Input dan Output</i> Lingo untuk ME Data 1%, 2%, 3%, 4%, 5%	G-1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I PENDAHULUAN

Latar belakang

Dalam ilmu statistika ada beberapa *causal model* yang sering digunakan untuk tujuan investigasi faktor dan prediksi, diantaranya, model regresi linear sederhana, model regresi linear berganda, model *input-output*, model ekonometri (Montgomery dkk., 2012). Model yang sering digunakan adalah regresi linear berganda seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Isnaini dkk., 2012; Oktavianti dkk., 2017). Secara umum model regresi menggunakan data berupa *single point* sebagai input data (data numerik). Namun regresi konvensional memiliki keterbatasan pada data non numerik, sehingga regresi konvensional belum mampu mengatasi data yang berupa interval atau linguistik. Selain itu, pada regresi konvensional masih memerlukan beberapa asumsi klasik dan jumlah sampel minimal yang harus dipenuhi (Kurniawan, 2008).

Pada tahun 1982, Tanaka mulai memperkenalkan model fuzzy linear regresi untuk mengatasi peramalan pada data linguistik (Kahraman dkk., 2006). Berbeda dengan regresi konvensional, fuzzy linear regresi (FLR) merupakan konsep baru yang dapat digunakan untuk meramalkan masalah dimana tidak memerlukan asumsi dan jumlah sampel tertentu. Penerapan FLR telah berkembang pesat dan sudah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya karena model ini tidak hanya digunakan pada data numerik namun juga pada data non numerik atau linguistik seperti pada penelitian (Hikmayangkara dkk., 2012), (Shafi dkk., 2018), (Vina dkk., 2019) dan (Efendi dkk., 2017,2018). Penelitian (Hikmayangkara dkk., 2012) menggunakan model FLR untuk mendapatkan model peramalan dan ukuran kesalahan pasokan energi primer di Indonesia. Keuntungan dari model ini menghasilkan nilai peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan model yang diusulkan oleh Tanaka. Namun, dalam penelitian tersebut tidak ada kejelasan perihal data *training- testing* dan penggunaan *triangular fuzzy number* (TFN) simetris pada model FLR-nya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penelitian (Shafir dkk., 2018) mengimplementasikan FLR untuk memprediksi ukuran tumor di Malaysia. Hasil peramalan menunjukkan bahwa model yang diusulkan lebih baik karena mampu meningkatkan kejelasan perihal ukuran kesalahan dan penggunaan TFN pada model. Namun, penelitian tersebut tidak ada kejelasan perihal data *training testing*. Penelitian Vina dkk., (2019) mengusulkan model bobot baru berdasarkan FLR untuk meramalkan beban listrik di Kalimantan Barat . Hasil peramalan menunjukkan bahwa model yang diusulkan lebih baik yaitu telah meningkatkan kejelasan perihal ukuran kesalahan dan grafik perbandingan antara hasil estimasi dengan data aktual jika dibandingkan dengan model yang diusulkan oleh Hikmayangkara (2019). Namun, dalam penelitian tersebut tidak ada kejelasan perihal data *training-testing* dan penggunaan TFN pada model.

Pada penelitian Efendi dkk., (2017) menjelaskan bahwa penggunaan prosedur TFN simetris *left-right* dalam persiapan data dapat mencapai tingkat keakuratan peramalan yang lebih baik . Namun, penelitian tersebut memiliki kekurangan pada modifikasi bentuk *triangular fuzzy number* (TFN) simetris dengan format data *left-right* menggunakan bilangan $k = 1, 2, 3, \dots, n$. Jika digit bilangan k membesar, maka TFN akan sulit untuk digambarkan. Pada Efendi dkk., (2018) menjelaskan bahwa data *single point* tidak menjamin sebagai input yang dapat digunakan pada data peramalan. Pada Efendi dkk., (2018) prosedur *left-right* dan *low-high* diterapkan dalam persiapan datanya untuk membangun model yang berbentuk. Namun, prosedur ini tidak dapat diaplikasikan ke semua jenis data karena tidak semua data tersedia dalam format *low-high* ataupun *maximum-minimum*.

Termotivasi dari penelitian (Hikmayangkara dkk., 2012), (Shafi dkk., 2018), (Vina dkk., 2019), (Efendi dkk., 2017) dan (Efendi dkk., 2018) maka pada penelitian ini akan dibentuk model FLR untuk peramalan pasokan energi primer di Indonesia periode tahun 2000 sampai dengan 2018 dengan menggunakan TFN simetris berdasarkan *measurement errors* data. Dan akan dibandingkan hasil peramalan FLR dengan Regresi konvensional untuk melihat model mana yang bekerja lebih baik pada prediksi pasokan energi primer di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka dapat di ambil rumusan masalah sebagai berikut.

Bagaimana membentuk model FLR dengan menggunakan data input berdasarkan TFN simetris menggunakan *measurement errors* data?

Bagaimana implementasi model pada bagian (a) untuk prediksi pasokan energi primer di Indonesia?

Bagaimana membandingkan model FLR dengan model Regresi konvensional pada bagian (b)?

Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam masalah ini sesuai dengan tujuan penelitian, maka diperlukan adanya pembatasan masalah, diantaranya :

- a. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data tahunan pasokan energi primer di Indonesia.
- b. Model *causal* konvensional yang digunakan yaitu model regresi linear berganda.
- c. Model *fuzzy causal* yang digunakan yaitu model FLR.
Penerapan model FLR menggunakan *triangular fuzzy number* (TFN) simetris berdasarkan *measurement errors* data.

Tujuan Penelitian

Agar pembahasan dalam masalah ini sesuai dengan tujuan penelitian, maka diperlukan adanya pembatasan masalah, diantaranya :

- Membentuk model FLR dengan menggunakan *triangular fuzzy number* simetris.
- Mengimplementasikan model FLR untuk prediksi pasokan energi primer di Indonesia.
- Membandingkan model FLR dengan model Regresi konvensional.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

Menambah dan memperkaya pengetahuan bagi penulis khususnya bagi penulis dan mahasiswa/I pada umumnya tentang pengembangan dan aplikasi model FLR dalam peramalan pasokan energi primer di Indonesia.

Dapat membantu penelitian berikutnya sebagai bahan referensi dan dapat dikembangkan oleh. peneliti maupun pembaca yang tertarik pada topik yang sama.

Sistematika Penulisan

Sistematika dalam pembuatan tulisan ini mencakup tiga bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Landasan teori berisi tentang teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang prosedur yang akan dilakukan dalam penulisan tugas akhir ini

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil-hasil yang diperoleh pada pemodelan pasokan energi primer di Indonesia menggunakan Fuzzy Linier Regresi.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada Bab IV dan saran.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan adalah suatu model untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang melalui pengujian keadaan di masa lampau. Peramalan sangat penting untuk perencanaan dan pengendalian operasi di berbagai bidang seperti manajemen produksi, sistem persediaan, *quality control*, perencanaan keuangan, dan analisis investasi. Masalah yang sering dihadapi oleh para analisis di berbagai bidang mulai dari bisnis, industri, pemerintah, kedokteran, ilmu kemasyarakatan, analisis politik dan keuangan adalah menganalisis data yang berpatokan pada waktu dan meramalkan suatu data atau nilai untuk masa yang akan datang dari serangkaian waktu (Box, dkk, 2016).

Masalah peramalan diklasifikasikan sebagai jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang. Peramalan jangka pendek melibatkan prediksi peristiwa dalam beberapa periode waktu (hari, minggu, bulan) ke masa depan. Peramalan jangka menengah melibatkan prediksi dari satu hingga dua tahun ke masa depan, dan peramalan jangka panjang melibatkan masalah atau peristiwa yang melampaui waktu bertahun-tahun. Peramalan jangka pendek dan menengah biasanya diperlukan untuk kegiatan manajemen operasi, anggaran, dan memilih proyek penelitian dan pengembangan baru. Sedangkan peramalan jangka Panjang dibutuhkan pada masalah seperti perencanaan strategis (Montgomery, dkk, 2008).

2.2 Model Kausal (*Causal Model*)

Causal model merupakan salah satu model statistika untuk meramalkan keadaan di masa yang akan datang dengan menemukan dan mengukur beberapa variabel bebas (independen) yang penting beserta pengaruhnya terhadap variabel tidak bebas yang akan diramalkan. Model ini dapat memungkinkan data dari berbagai keadaan digabungkan untuk menjawab pertanyaan yang tidak dapat dijawab oleh set data individual apapun, seperti pemrosesan suatu sinyal,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

epidemiologi, dan *machine learning* (Wiedermann dkk., 2016).

Model kausal melibatkan abstraksi tiga tingkat yaitu asosiasi, intervensi, dan kontrafakta. Tingkat asosiasi merupakan suatu objek dikaitkan dengan objek lain jika mengamati probabilitas objek tersebut, seperti probabilitas pembeli yang membeli pasta gigi dan benang gigi. Tingkat intervensi merupakan penegasan dari tingkat asosiasi dimana kausalitas dinilai dengan melakukan beberapa Tindakan secara eksperimental yang mempengaruhi salah satu peristiwa, seperti kita menggandakan harga pasta gigi. Tingkat kontrafakta merupakan pertimbangan alternatif dari keadaan masa yang lalu, seperti berapa probabilitas bahwa, jika sebuah toko menggandakan harga benang, pembeli yang membeli pasta gigi masih akan membelinya?menegaskan adanya hubungan sebab akibat. Model yang dapat menjawab kontra fakta memungkinkan intervensi yang tepat yang konsekuensinya dapat diprediksi (Pearl, 2018).

2.3 Model Regresi Linier

Model regresi merupakan salah satu model untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel-variabel yang lain. Model regresi menyangkut studi tentang hubungan antara satu variabel yang disebut variabel *dependen* atau variabel yang dijelaskan dan satu atau lebih variabel lain yang disebut variabel *independen* atau variabel penjelas (Gujarati, 2006).

2.3.1 Regresi Linier berganda

Model regresi linier berganda merupakan hubungan secara linier antara dua atau lebih variabel *independen* ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) dengan variabel *dependen* (y), disebut berganda karena banyaknya faktor (variabel *independen*) yang mungkin mempengaruhi variabel *dependen* (Gujarati, 2006). Persamaan untuk regresi linier berganda adalah:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \varepsilon, \quad \text{dengan } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada persamaan (2.1), n merupakan banyaknya data, y_t merupakan variabel terikat, x_{1t}, x_{2t} merupakan variabel bebas, β_0 adalah nilai konstanta, β_1, β_2 adalah koefisien regresi variabel x_{1t}, x_{2t} , dan ε adalah galat/error.

Regresi linear berganda menggunakan data berskala *single point* dimana jika variable terikatnya memiliki data berskala *single point* maka variabel bebasnya juga data berskala *single point*, seperti data perorangan, institusi, perusahaan, industri dengan dimensi waktu yang panjang. Satuan waktu disesuaikan dengan data yang dimiliki, seperti harian, bulanan, triwulan, semesteran atau tahunan (Montgomery, dkk, 2012).

2.3.2 Asumsi Regresi Klasik

Model regresi yang diperoleh dari metode kuadrat terkecil biasanya dimana model regresi yang menghasilkan estimator linier tidak bias yang terbaik. Kondisi ini akan dipenuhi jika terpenuhi beberapa asumsi.

Untuk memperoleh estimator linier tidak bias yang terbaik dengan uji asumsi klasik dengan langkah-langkah berikut (Ghifari, 2000) :

a. Uji Normalitas

Uji ini menjadi penting untuk tujuan pengujian hipotesis dan prediksi. Dengan demikian asumsi normalitas harus terpenuhi dalam suatu model regresi linier klasik.

Uji linieritas

Uji ini digunakan untuk melihat apakah garis regresi yang ditetapkan benar-benar sesuai dengan keadaannya atau tidak. Pengujian ini perlu dilakukan sehingga hasil analisis yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan dalam pengambilan beberapa kesimpulan.

Uji autokorelasi

Uji ini digunakan untuk menguji apakah dalam model regresi linear terdapat korelasi antara kesalahan pengganggu pada periode t dengan kesalahan pengganggu pada periode $t-1$ (sebelumnya). Model regresi yang baik adalah regresi yang bebas dari autokorelasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Uji heterokedastisitas

Uji ini berarti adanya variasi residual yang tidak sama untuk semua pengamatan atau terdapatnya variasi residual yang semakin besar pada jumlah pengamatan yang semakin besar.

2.3.3 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan untuk menguji kelayakan model analisis regresi berganda yang telah diperoleh. Pengujian hipotesis terbagi dalam 2 bentuk yaitu :

- Uji hipotesis parsial untuk setiap koefisien regresi dapat dilakukan dengan menggunakan uji t . Uji t merupakan uji signifikansi yang digunakan untuk mengukur keabsahannya koefisien regresi variabel *independent* atau satu per satu.
- Pengujian hipotesis keseluruhan koefisien regresi secara bersama-sama dilakukan untuk mengetahui apakah semua variabel *independent* secara bersama-sama memengaruhi model regresi atau tidak. Proses pengujian dapat dilakukan dengan pendekatan analisis variansi, yaitu dengan menggunakan uji f .

2.4 Definisi *Triangular Fuzzy Number* (TFN) Simetris

TFN merupakan singkatan dari *triangular fuzzy number* yang dilambangkan dengan $M = (m, \alpha, \beta)$ yang memiliki fungsi keanggotaan (Efendi, 2018).

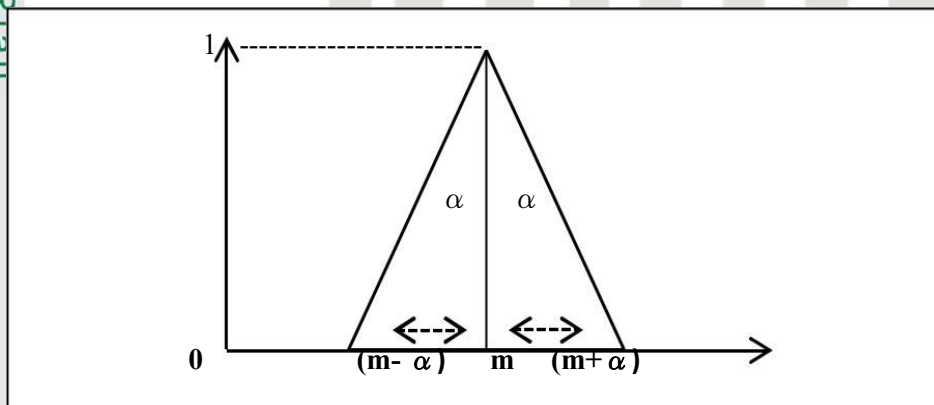
$$\mu_M(X) = \begin{cases} 0, & \text{untuk } x, m - \alpha \\ 1 - \frac{m-x}{\alpha} & \text{untuk } m - \alpha < x, m \\ 1, & \text{untuk } x = m \\ 1 - \frac{m-x}{\beta} & \text{untuk } m < x < m + \beta \\ 0, & \text{untuk } x > m + \beta \end{cases} \quad (2.2)$$

Titik m , dengan nilai keanggotaan 1 disebut nilai rata-rata dan α, β adalah sisi kiri dan sisi kanan sebarang masing-masing m . Sebuah TFN dikatakan simetris jika kedua sebarannya sama, yaitu $\alpha = \beta$ dan terkadang dilambangkan dengan $M = (m, \alpha)$. Berdasarkan definisi 1 dapat dijabarkan dengan ilustrasi yaitu ada kemungkinan terjadi bahwa beberapa data atau angka tidak dapat ditentukan secara

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tidak dapat atau akurat karna kesalahan dari teknik pengukuran atau instrumen dan lain-lain. Misalnya, jika tinggi seseorang tercatat 150 cm, hal ini tidak dapat dijadikan acuan mengukur tinggi seseorang secara akurat. Kenyataannya, tinggi sebenarnya sekitar 150 cm dan mungkin α sedikit lebih atau kurang dari 150 cm. Dengan demikian tinggi orang dapat ditulis lebih tepat sebagai angka *fuzzy* segitiga $(150 - \alpha, 150, 150 + \alpha)$ dimana α adalah sebaran kiri dan kanan. Secara umum, simetri TFN " m " dapat ditulis sebagai $(m - \alpha, m, m + \alpha)$, dimana α adalah sebaran kiri dan kanan masing-masing. Atau $(m - \alpha, m, m + \alpha)$ dapat ditulis sebagai (m, α) Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Bentuk *Triangular Fuzzy Number* Simetris

2.5 Model Fuzzy Linier Regresi

Regresi linier fuzzy merupakan sarana untuk model hubungan sederhana dalam sistem ketika ketidakjelasan atau penilaian manusia menghambat ukuran variabel dependen. Tidak seperti analisis regresi konvensional, di mana penyimpangan antara nilai yang diamati dan prediksi mencerminkan kesalahan pengukuran, penyimpangan dalam regresi fuzzy mencerminkan ketidakjelasan struktur sistem yang dinyatakan oleh parameter model fuzzy regresi. Parameter fuzzy dari model dipertimbangkan kemungkinan distribusi yang sesuai dengan ketidakjelasan sistem. Parameter fuzzy ditentukan dengan prosedur pemrograman linier, yang meminimalkan penyimpangan fuzzy pada fungsi batasan keanggotaan (Kahraman, dkk, 2006)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bentuk umum dari persamaan fuzzy regresi Linier:

$$\tilde{y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x_1 + \dots + \tilde{A}_n x_n \quad (2.3)$$

Dimana \tilde{y} adalah variabel dependen, x adalah variabel independen dan $\tilde{A} = (p_j; c_j), j = 1, 2, \dots, n$ adalah koefisien fuzzy, dimana p_j merupakan nilai tengah dan c_j merupakan nilai sebaran. Sehingga persamaan (2.3) dapat dituliskan kembali dalam persamaan berikut.

$$\hat{y}_t = (p_0; c_0) + (p_1; c_1)x_{t1} + \dots + (p_n; c_n)x_{nt} \quad (2.4)$$

Atau

$$\hat{y}_t = (p_0 + p_1 x_{t1} + \dots + p_n x_{tn}; c_0 + c_1 + \dots + c_n) \quad (2.5)$$

Untuk nilai dari variabel dependen dapat diestimasi sebagai fuzzy number $\hat{y}_t = (y_t^L, y_t^U), t = 1, 2, \dots, n$ dimana batas bawah interval, batas atas interval ditunjukkan oleh persamaan persamaan di bawah ini.

$$y_t^L = \sum_{j=0}^m (p_j - c_j) x_{jt} \quad (2.6)$$

$$y_t^U = \sum_{j=0}^m (p_j + c_j) x_{jt} \quad (2.8)$$

Fungsi objektif ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$\text{Minimum } Z = \left(\sum_{t=0}^n \sum_{j=0}^m c_j x_{jt} \right) \quad (2.9)$$

Fungsi objektif dari persamaan (2.9) diminimalisasi terhadap dua batasan yang ditunjukkan oleh persamaan berikut.

$$y_t \leq \sum_{j=0}^n p_j x_{jt} + (1 - h) \sum_{j=0}^m c_j x_{jt}$$

$$y_t \geq \sum_{j=0}^n p_j x_{jt} - (1 - h) \sum_{j=0}^m c_j x_{jt} \quad (2.10)$$

Untuk menghitung seberapa besar ukuran kesalahan model peramalan yang didapatkan digunakan mean absolut percentage error (MAPE). MAPE merupakan rata-rata dari keseluruhan percentage kesalahan (selisih) antara data aktual dengan data hasil peramalan. Suatu model dikatakan sangat baik jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dikatakan baik jika berada di antara 10% dan 20%,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dikatakan cukup baik jika diantara 20% dan 50%, dan dikatakan buruk apabila besar dari 50% (Halimi dkk., 2012).

Persamaan MAPE ditunjukkan oleh persamaan di bawah ini.

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{\hat{y}_t} \times 100\% \right|}{n} \quad (2.11)$$

Dengan:

- y_t : data aktual periode ke-t
- \hat{y}_t : data hasil ramalan periode ke-t
- n : banyak data yang diramalkan.

2.6 Pentingnya Peramalan Pasokan Energi Primer (PEP)

Energi primer suatu negara merupakan salah satu indikator penting dalam mendorong pembangunan. Seiring dengan meningkatnya pembangunan terutama pembangunan di bidang industri, pertumbuhan ekonomi, dan pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan energi primer terus meningkat. Pasokan energi primer memungkinkan mengalami penurunan yang drastis. Penurunan pasokan energi primer tersebut dipengaruhi beberapa faktor, seperti produk domestik bruto dan jumlah penduduk. Sehingga, apabila pasokan energi primer kurang, dapat berakibat buruk terhadap kelangsungan hidup bagi suatu negara (Hikmayangkara, 2012).

Oleh karena itu, peramalan pasokan energi primer yang akan datang merupakan hal yang sangat penting dilakukan untuk memudahkan pihak terkait dalam proses pengambilan keputusan dan perencanaan. Selain itu juga untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga pasokan energi dimasa yang akan datang.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7 Penelitian-Penelitian Terkait

Berikut penelitian terkait yang sebelumnya telah dilakukan oleh peneliti, diantaranya :

Tabel 2.1 Penelitian-penelitian Terkait

No	Judul Penelitian	Peneliti	Tahun	Model
1.	<i>Fuzzy regression Approaches and applications</i>	Cengiz kahraman, Ahmet beskese, F. tuncBozbura	2006	<i>Fuzzy linier regresi</i>
2.	Model peramalan pasokan energi primer dengan pendekatan fuzzy regresi linier	Hikmayangkara putri, I Gusti ngurah rai ushada, Nuri wahyuningsih	2012	<i>Fuzzy linier regresi</i>
3	Prosedur <i>Triangular fuzzy number</i> simetris berdasarkan standar deviasi data pada model <i>autoregressive</i>	Riswan efendi, Sirda yeni, Ari pani desvina, Rahmadeni	2018	<i>Fuzzy autoregressive</i>
4	Model peramalan beban listrik di Kalimantan barat dengan metode <i>Fuzzy Linear Regression</i>	Vina Annisa Nurdiani Aji, Shantika Martha, Nurfitri Imro'ah	2019	<i>Fuzzy Linear Regression</i>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

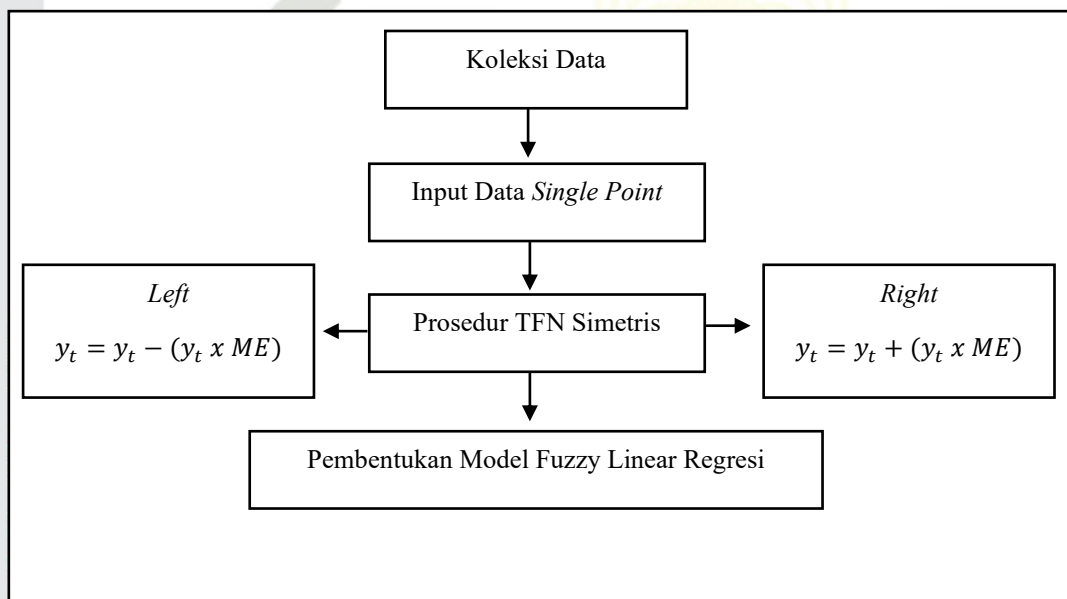
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Tahap Persiapan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis data sekunder yaitu data tahunan produk domestik bruto dan jumlah penduduk terhadap pasokan energi primer periode tahun 2000 sampai 2018 yang bersumber dari *handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2011* dan *handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2018*. Data ini mewakili input data *single point* yang kemudian akan ditransformasikan ke bentuk TFN simetris berdasarkan *measurement errors data* untuk pembentukan model FLR seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Persiapan TFN simetris untuk pemodelan FLR

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.2 Tahap Pemodelan PEP Menggunakan RLB

a. Melakukan Uji Normalitas

Teknik penelitian ini yaitu menggunakan data aktual pada variabel untuk mengidentifikasi kenormalan data. Pada teknik ini akan dicari apakah sebaran data tersebut terdistribusi normal atau tidak. Teknik ini diawali dengan pembuatan statistik normalitas data dengan bantuan *software* SPSS. Jika data normal maka dilanjutkan ke tahap uji linieritas, tetapi jika tidak normal maka dilakukan transformasi data.

b. Melakukan Uji Linieritas

Teknik penelitian ini menggunakan data aktual pada variabel untuk verifikasi kelinieritas sebuah data. Pada teknik ini akan dicari apakah sebuah variabel mempunyai hubungan yang linear atau tidak secara signifikan. Teknik ini diawali dengan pembuatan grafik *scatter plot* dengan bantuan *software* SPSS. Jika linieritas data sudah terpenuhi maka dilanjutkan ke tahap uji autokorelasi.

c. Melakukan Uji Autokorelasi

Pada teknik ini akan dicari adakah korelasi variabel yang ada dalam model prediksi dalam periode t dengan periode t sebelumnya. Teknik ini diawali dengan pembuatan statistik Durbin Watson dengan bantuan *software* SPSS. Jika autokorelasi data sudah terpenuhi maka dilanjutkan ke tahap heterokedastisitas, tetapi jika tidak ada kesimpulan yang pasti tentang ada atau tidaknya gejala autokorelasi maka dilakukan uji *run test*.

d. Melakukan Uji Heterokedastisitas

Pada teknik ini akan dicari apakah ada ketidaksamaan varian dari residual untuk semua pengamatan pada model regresi linear. Teknik ini diawali dengan pembuatan variabel *unstandardized residual* dan pembuatan statistik Glejser dengan bantuan *software* SPSS. Jika heterokedastisitas data sudah terpenuhi maka dilanjutkan ke tahap multikolinearitas, tetapi jika adanya gejala heterokedastisitas maka dilakukan uji heterokedastisitas dengan *scatter plot*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Melakukan Uji Multikolinearitas

Pada teknik ini akan dicari apakah ada korelasi atau hubungan kuat antar dua variabel bebas atau lebih dalam sebuah model regresi. Teknik diawali dengan pembuatan tabel *collinearity statistics*. Jika multikolinearitas data sudah terpenuhi maka dilanjutkan ke tahap uji hipotesis, tetapi jika tidak terpenuhi maka dilakukan alternatif lain seperti uji korelasi.

Melakukan Uji Hipotesis

Digunakan untuk melihat kelayakan variabel model regresi berganda. Ada dua uji yang akan digunakan yaitu uji hipotesis parsial dan uji hipotesis keseluruhan koefisien regresi. Pada uji hipotesis parsial dan uji hipotesis keseluruhan dikatakan signifikan dalam model jika nilai signifikansi $<$ selang kepercayaan. Pada penelitian ini selang kepercayaan (α) yang digunakan adalah 5%.

Hipotesis : H_0 : variabel tidak signifikan dalam model

H_1 : variabel signifikan dalam model

Dengan menggunakan nilai signifikansi yang dibandingkan dengan selang kepercayaan (α) yang digunakan dalam hipotesis, maka dapat dibuat suatu kesimpulan untuk melihat signifikan variabel model yang telah dimodelkan dengan kriteria penolakan H_0 yaitu jika nilai signifikansi $<$ selang kepercayaan.

Menentukan Model Regresi Linear Berganda Terbaik dan Peramalan

Setelah model terbaik diperoleh, selanjutnya akan dilakukan peramalan untuk pasokan energi primer. Peramalan pada data *training* menggunakan data aktual untuk melihat kesesuaian peramalan terhadap data aktual. Sedangkan peramalan pada data *testing* menggunakan data hasil peramalan pada data *training*.

Tahap Pemodelan PEP Menggunakan FLR

Membentuk TFN simetris berdasarkan *measurement errors data*

Data *single point* akan ditransformasikan ke dalam bentuk TFN simetris.

Menentukan Fungsi Objektif dan Fungsi Batasan

Pembentukan fungsi objektif dan fungsi kendala untuk TFN simetris ada dua komponen yaitu sebelah kiri dan sebelah kanan dengan menggunakan persamaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

(2.9), setelah itu di selesaikan dengan program linear dan berdasarkan nilai h yang telah ditetapkan.

Menentukan Parameter dari Fuzzy Linear Regresi

Untuk mendapatkan parameter FLR dapat menggunakan bantuan *software* Lingo. Setelah mendapatkan parameter optimal untuk p_j dan c_j maka dapat dibentuk model peramalan interval batas atas, nilai tengah dan batas bawah FLR untuk setiap h .

Menentukan Model Batas Atas, Nilai Tengah dan Batas Bawah

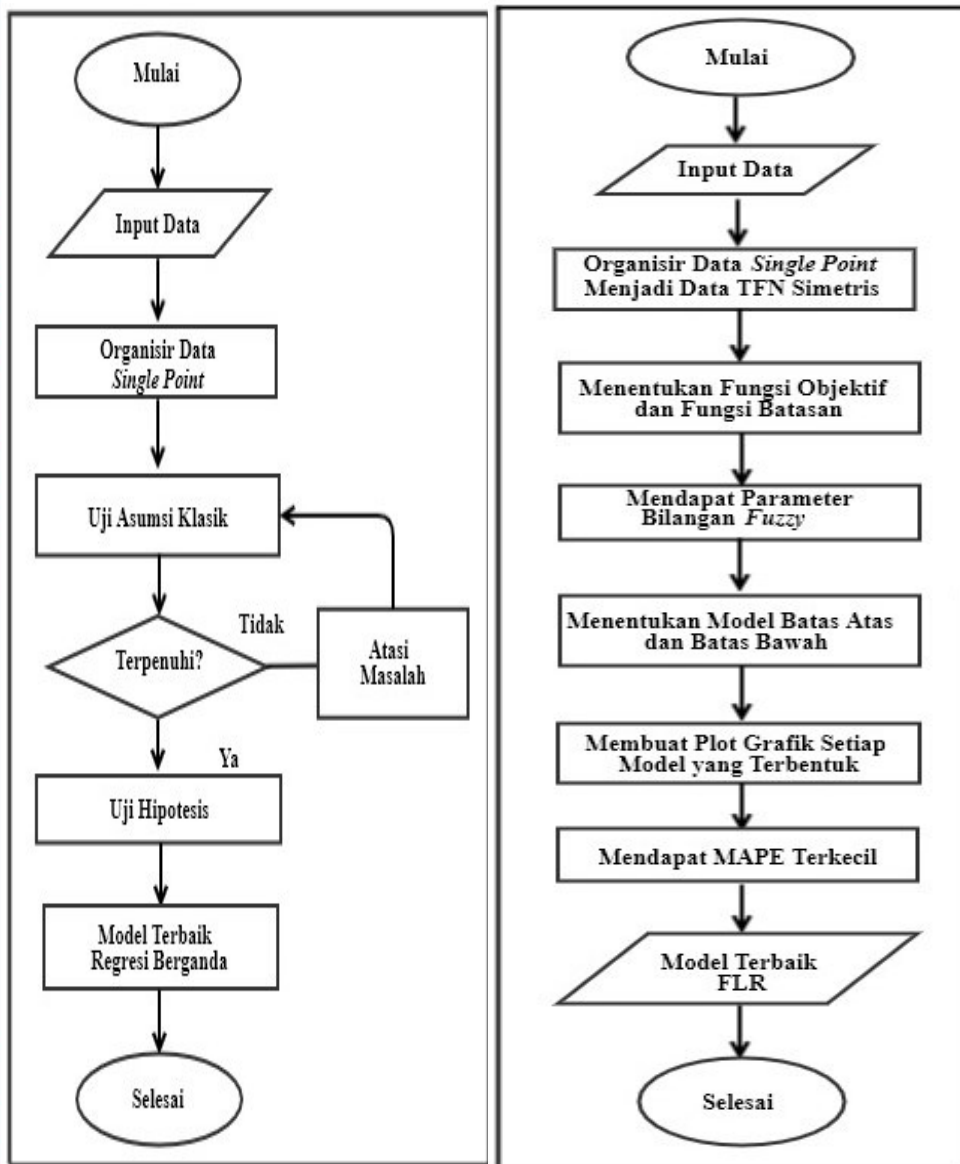
Mendapatkan model interval batas atas, nilai tengah dan batas bawah untuk digunakan dalam pengambilan keputusan pada kemungkinan yang terbaik maupun yang yang terburuk.

e. Memilih Model Fuzzy Linear Regresi Terbaik

Untuk menentukan model terbaik, ada dua unsur dasar penilaian yang digunakan, yaitu dengan menggunakan grafik dan nilai MAPE dari batas-batas nilai hasil peramalan. Selanjutnya dilakukan peramalan produk domestik bruto dan jumlah penduduk terhadap pasokan energi primer. Adapun langkah-langkah pemodelan regresi linear dan FLR diatas dapat juga diilustrasikan pada Gambar 3.2.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.2 Flowchart pemodelan RLB dan FLR

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini, pembentukan model FLR menggunakan TFN simetris berdasarkan *measurement errors* data telah diaplikasikan. Berdasarkan pembahasan pada Bab IV dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada pembentukan model FLR dan RLB. Pada Tabel 4.23 perbedaan model FLR dan RLB dapat dilihat mulai dari proses input data, persiapan data, estimasi parameter, pembentukan model, dan model estimasi yang dihasilkan. Perbedaan yang jelas terdapat pada proses input data dan estimasi parameternya. Pada model RLB digunakan data *single point* sebagai input sedangkan FLR digunakan data TFN simetris sebagai input. Berdasarkan tahap pembentukan model FLR maka diperoleh model sebagai berikut :

$$\hat{y}_t = [-49.243.580; 49.243.580] + 21.882,57x_{1t} + 544,9337x_{2t}$$

Implementasi dari model FLR menggunakan TFN simetris dapat meningkatkan akurasi peramalan, yaitu dengan menghasilkan nilai MAPE dan rata-rata *width* yang lebih kecil dibanding dengan model RLB. Selain itu, hasil peramalan dari model FLR dapat meramalkan data dalam bentuk interval berupa batas bawah dan batas atas sehingga peneliti dapat mengetahui nilai prediksi terendah dan tertingginya.

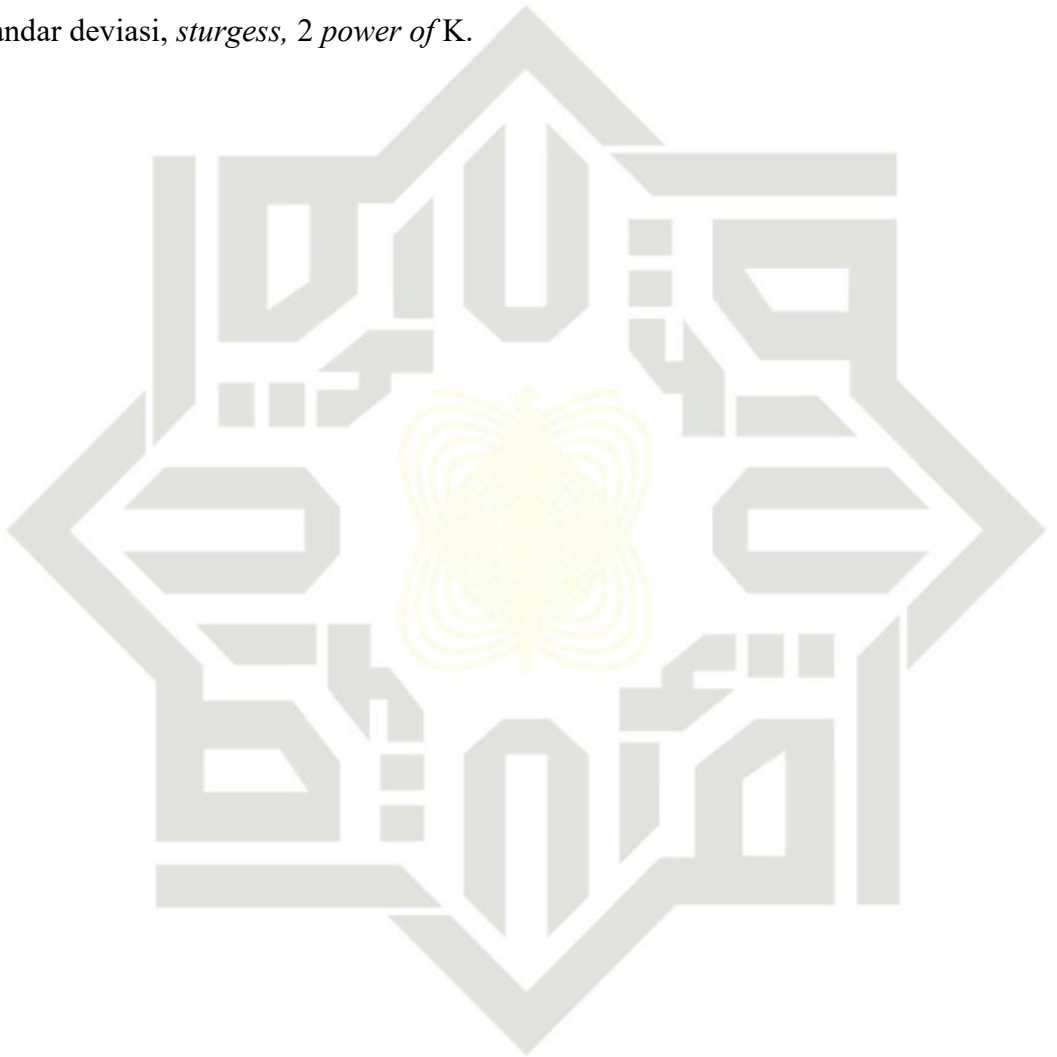
Nilai rata-rata *error* terkecil model batas bawah dan terdapat pada model RLB yaitu sebesar 13,50. Nilai rata-rata *error* terkecil model batas atas terdapat pada model FLR yaitu sebesar 12,33. Untuk rata-rata nilai *width* model FLR memiliki hasil yang lebih baik dibanding dengan RLB karena memiliki interval lebar yang lebih sempit yaitu rata-rata sebesar 97.512.040. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model FLR menggunakan TFN simetris berdasarkan *measurement errors* data 1% terbukti lebih baik untuk diterapkan dalam pemodelan pasokan energi primer di Indonesia untuk periode berikutnya.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5.2. Saran

Dalam pembahasan yang telah dilakukan, penulis membentuk TFN simetris berdasarkan *measurement errors* dalam memodifikasi input data. Diharapkan data penelitian berikutnya, peneliti maupun pembaca yang tertarik pada topik ini mampu membentuk TFN simetris dengan menggunakan pendekatan yang lainnya seperti berdasarkan standar deviasi, *sturgess*, *2 power of K*.



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, V.A.N., Martha, S., dan Imro'ah, N. "Model Peramalan Beban Listrik Di Kalimantan Barat Dengan Metode Fuzzy Linear Regression". *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*. Vol. 08, No. 1, Hal. 91-96. 2019.
- Al-ghifari. "*Analisis Regresi Teori, Kasus dan Solusi*." Edisi II, Yogyakarta: BPFE.2000.
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., dan Cjung, G.M. "*Time Series Analysis Forecasting and Control*". Fifth Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 2016.
- Dewi, I.P., Kusriani, D.E., dan Irhamah. "Permodelan Pendapatan Pedagang Pasar Tradisional di Surabaya Selatan Terkait Keberadaan Supermarket, Hypermarket, dan Minimarket". *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 1, No. 1. ISSN : 2301-928X. 2012.
- Efendi, R., S. Yeni, Desvina A.P., dan Rahmadeni. "Prosedur Triangular Fuzzy Number Simetris Berdasarkan Standar Deviasi Data Pada Model Autoregressive". *Jurnal Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI-10)*. ISSN: 2579-5406. 2018.
- Efendi, R., Samsudin N.A., Arbaiy N., dan Deris M.M. "Maximum-Minimum Temperature Prediction Using Fuzzy Random Auto-Regression Time Series Model". *Preceeding of International Symposium on Computational and Business Intelligence*. ISBN: 978-1-5386-1772-4. 2017.
- Gujarati, Damodar N. "*Dasar-Dasar Ekonometrika*." Jakarta: Erlangga. 2006.
- Halimi, R., Anggraeni, W., dan Tyasnurita, R. "Pembuatan Aplikasi Peramalan Jumlah Permintaan Produk dengan Metode Time Series Exponential Smoothing Holts Winter di PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk.". *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1, No. 1.2013.
- Hikmayangkara, P.P., Usadha, I.G., dan Wahyuningsih, N. "Model Peramalan Pasokan Energi Primer Dengan Pendekatan Metode Fuzzy Linear Regression(FLR)". *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. Vol. 1, No. 1. ISSN: 2301-928X. 2012.
- Kahraman, C., Ahmet, B., dan Bozbura, F.T. "Fuzzy Regression Approaches And Applications". *Studfuzz*. Vol.201. 2006.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. “*Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2018*”. Available: <http://esdm.go.id> . Diakses tanggal 2 April 2020.

Kurniawan, D. “Regresi Linier”. *R Development Core Team*. ISBN: 3-900051-07-0. 2008.

Montgomery, C.D., Peck, A.E., dan Vining, G.G. “*Introduction to Linear Regression Analysis*”. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey. 2012.

Montgomery, D.C., et al. “*Introduction to Time Series Analysis and Forecasting.*” Wiley Interscience, Canada. 2008.

Oktavianti, V., Hakim, M.S., dan Kunaifi, A. “Pengaruh Literasi Keuangan dan Persyaratan Kredit Terhadap Akses Kredit Formal Pada UMKM di Surabaya”. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. Vol. 6, No. 1. ISSN : 2337-3520. 2017.

Pearl, J., dan Mackenzie, D. “*The Book of Why : The New Science of Cause and Effect*”. Edisi Pertama. Basic Book, Hachette Book Group, New York. 2018.

Shafi, M.A.B. “Application of Fuzzy Linear Regression Models for predicting Tumor Size of Colorectal Cancer In Malaysia’s Hospital”. *University Tun Hussein Onn Malaysia*. Malaysia. 2018.

Wiedermann, W., dan Eye, A.V. “*Statistics and Causality Methods for Applied Empirical Research*”. Johnwiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 2016.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN A

Pasokan Energi Primer di Indonesia Periode Tahun 2000-2018

Tahun	Produk Domestik Bruto (PDB)	Populasi Penduduk (POP)	Pasokan Energi (PE)
2000	1.390	205.843	93.831.548
2001	1.684	208.647	119.125.379
2002	1.863	212.003	122.879.411
2003	2.014	215.276	164.950.173
2004	2.296	217.854	151.543.284
2005	2.774	218.869	173.673.093
2006	3.339	222.192	205.779.290
2007	3.951	225.642	258.174.000
2008	4.951	228.523	224.587.657
2009	5.604	231.370	236.439.000
2010	6.423	237.641	281.400.000
2011	7.832	241.991	334.142.760
2012	8.616	248.818	345.000.022
2013	9.546	245.425	302.694.000
2014	10.570	252.165	319.956.003
2015	11.526	255.462	364.619.216
2016	7.832	258.705	380.310.000
2017	8.616	261.891	407.526.000
2018	9.546	265.015	483.336.000

LAMPIRAN B

Data Aktual dan TFN Simetris dengan *Measurement Errors* 1%

Periode	Data <i>Left</i>	Data Aktual	Data <i>Right</i>
1	92.893.232,52	93.831.548	94.769.863,48
2	117.934.125,2	119.125.379	120.316.632,8
3	121.650.616,9	122.879.411	124.108.205,1
4	163.300.671,3	164.950.173	166.599.674,7
5	150.027.851,2	151.543.284	153.058.716,8
6	171.936.362,1	173.673.093	175.409.823,9
7	203.721.497,1	205.779.290	207.837.082,9
8	255.592.260	258.174.000	260.755.740
9	222.341.780,4	224.587.657	226.833.533,6
10	234.074.610	236.439.000	238.803.390
11	278.586.000	281.400.000	284.214.000
12	330.801.332,4	334.142.760	337.484.187,6
13	341.550.021,8	345.000.022	348.450.022,2
14	299.667.060	302.694.000	305.720.940
15	316.756.443	319.956.003	323.155.563

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN C

Data Aktual dan TFN Simetris dengan *Measurement Errors* 2%

Periode	Data <i>Left</i>	Data Aktual	Data <i>Right</i>
1	91.954.917,04	93.831.548	95.708.178,96
2	116.742.871,4	119.125.379	12.150.7886,6
3	120.421.822,8	122.879.411	12.5336.999,2
4	161.651.169,5	164.950.173	168.249.176,5
5	148.512.418,3	151.543.284	154.574.149,7
6	170.199.631,1	173.673.093	177.146.554,9
7	201.663.704,2	205.779.290	209.894.875,8
8	253.010.520	258.174.000	263.337.480
9	220.095.903,9	224.587.657	229.079.410,1
10	231.710.220	236.439.000	241.167.780
11	275.772.000	281.400.000	287.028.000
12	327.459.904,8	334.142.760	340.825.615,2
13	338.100.021,6	345.000.022	351.900.022,4
14	296.640.120	302.694.000	308.747.880
15	313.556.882,9	319.956.003	326.355.123,1

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN D

Data Aktual dan TFN Simetris dengan *Measurement Errors* 3%

Periode	Data <i>Left</i>	Data Aktual	Data <i>Right</i>
1	91.016.601,56	93.831.548	96.646.494,44
2	115.551.617,6	119.125.379	122.699.140,4
3	119.193.028,7	122.879.411	126.565.793,3
4	160.001.667,8	164.950.173	169.898.678,2
5	146.996.985,5	151.543.284	156.089.582,5
6	168.462.900,2	173.673.093	178.883.285,8
7	199.605.911,3	205.779.290	211.952.668,7
8	250.428.780	258.174.000	265.919.220
9	217.850.027,3	224.587.657	231.325.286,7
10	229.345.830	236.439.000	243.532.170
11	272.958.000	281.400.000	289.842.000
12	324.118.477,2	334.142.760	344.167.042,8
13	334.650.021,3	345.000.022	355.350.022,7
14	293.613.180	302.694.000	311.774.820
15	310.357.322,9	319.956.003	329.554.683,1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN E

Data Aktual dan TFN Simetris dengan *Measurement Errors* 4%

Periode	Data <i>Left</i>	Data Aktual	Data <i>Right</i>
1	90.078.286,08	93.831.548	97.584.809,92
2	114.360.363,8	119.125.379	123.890.394,2
3	117.964.234,6	122.879.411	127.794.587,4
4	158.352.166,1	164.950.173	171.548.179,9
5	145.481.552,6	151.543.284	157.605.015,4
6	166.726.169,3	173.673.093	180.620.016,7
7	197.548.118,4	205.779.290	214.010.461,6
8	247.847.040	258.174.000	268.500.960
9	215.604.150,7	224.587.657	233.571.163,3
10	226.981.440	236.439.000	245.896.560
11	270.144.000	281.400.000	292.656.000
12	320.777.049,6	334.142.760	347.508.470,4
13	331.200.021,1	345.000.022	358.800.022,9
14	290.586.240	302.694.000	314.801.760
15	307.157.762,9	319.956.003	332.754.243,1

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN F

Data Aktual dan TFN Simetris dengan *Measurement Errors* 5%

Periode	Data <i>Left</i>	Data Aktual	Data <i>Right</i>
1	89.139.970,6	93.831.548	98.523.125,4
2	113.169.110,1	119.125.379	125.081.648
3	116.735.440,5	122.879.411	129.023.381,6
4	156.702.664,4	164.950.173	173.197.681,7
5	143.966.119,8	151.543.284	159.120.448,2
6	164.989.438,4	173.673.093	182.356.747,7
7	195.490.325,5	205.779.290	216.068.254,5
8	245.265.300	258.174.000	271.082.700
9	213.358.274,2	224.587.657	235.817.039,9
10	224.617.050	236.439.000	248.260.950
11	267.330.000	281.400.000	295.470.000
12	317.435.622	334.142.760	350.849.898
13	327.750.020,9	345.000.022	362.250.023,1
14	287.559.300	302.694.000	317.828.700
15	303.958.202,9	319.956.003	335.953.803,2

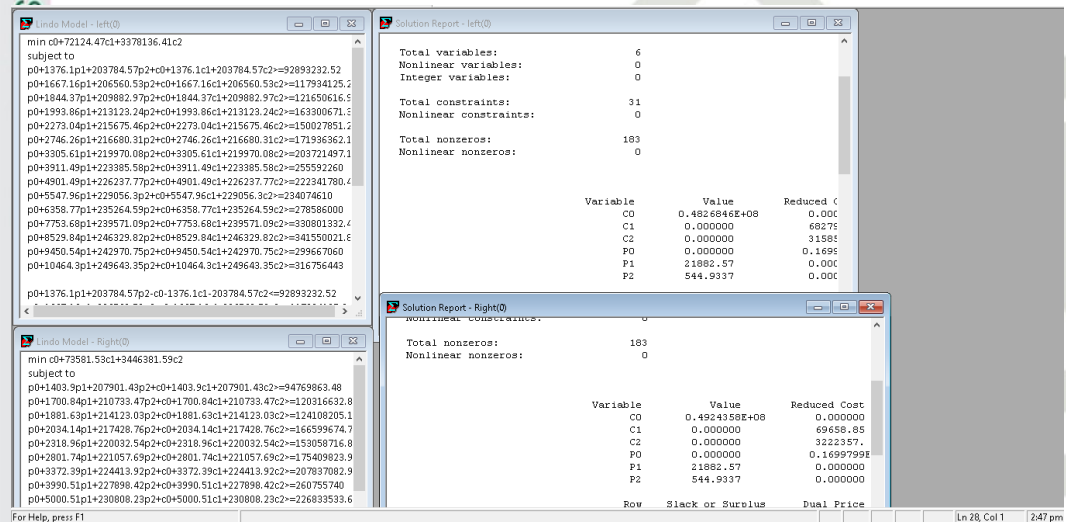
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

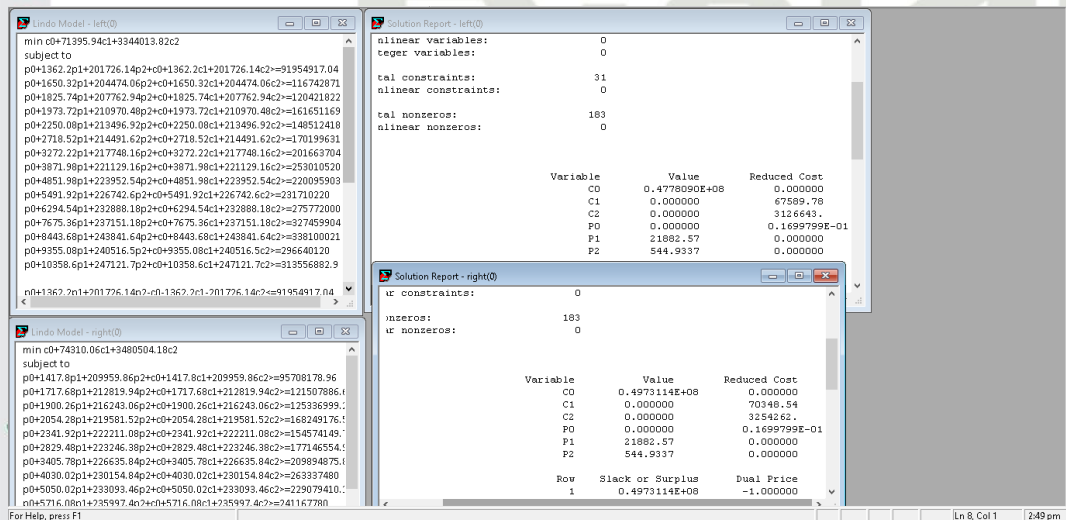
LAMPIRAN G

Input dan Output Lingo Untuk *Measurement Errors* Data 1%, 2%, 3%, 4%, 5%

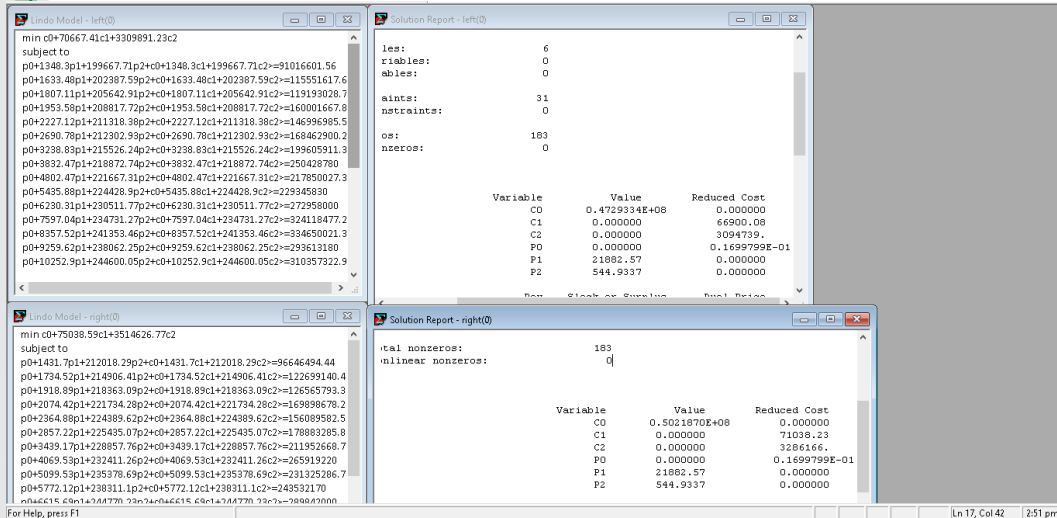
Input dan Output Lingo ME 1%



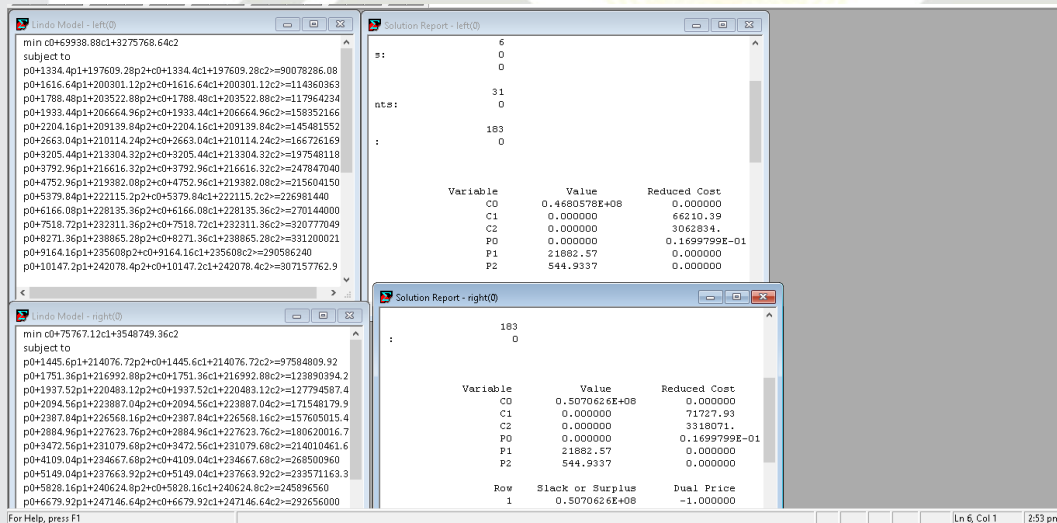
2. Input dan Output Lingo ME 2%



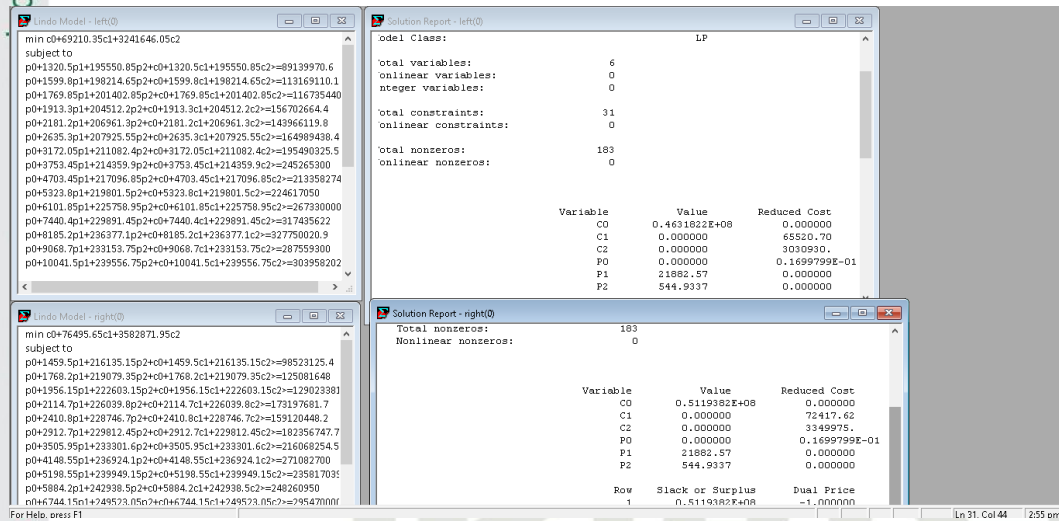
Input dan Output Lingo ME 3%



4. Input dan Output Lingo ME 4%



Input dan Output Lingo ME 5%



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sleman, pada tanggal 02 Maret 1998, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Supriadi dan Ibu Sri Suarni, dengan dua saudara yaitu Fathurrohman Adi. Penulis menyelesaikan Pendidikan Formal Sekolah Dasar Negeri 02 Pampangan pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama penulis di SMPN 9 Padang pada tahun 2013 dan menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMAS Adabiah 2 Padang pada tahun 2016.

Setelah menyelesaikan bangku SMA, pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan lulus di Fakultas Sains dan Teknologi dengan Program Studi Matematika. Pada Bulan Februari 2019, penulis melaksanakan Kerja Praktek di Badan Penelitian dan Pengembangan (BALITBANG) Riau dengan judul “PENGARUH JUMLAH TENAGA KERJA DAN LUAS AREAL PERKEBUNAN TERHADAP JUMLAH PRODUKSI DI PROVINSI RIAU” yang dibimbing oleh bapak Dr. Yado Yendra, M.Sc dan diseminarkan tanggal 10 Juli 2019. Pada bulan Juli-Agustus 2019 penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kabupaten Bengkalis, Kecamatan Bathin Solapan, Desa Sebangar.